

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-288510

(43)公開日 平成5年(1993)11月2日

(51)Int.Cl.⁵

G 01 B 11/00

識別記号

庁内整理番号

A 7625-2F

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3(全 6 頁)

(21)出願番号

特願平4-85252

(22)出願日

平成4年(1992)4月7日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 桂 浩輔

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 恒次 秀起

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

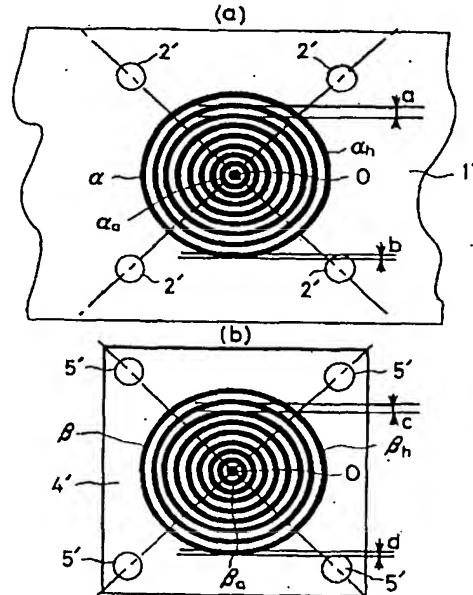
(74)代理人 弁理士 菅 隆彦

(54)【発明の名称】 チップ位置ズレ測定方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】チップがどの方向にずれても、容易に正確にチップの位置ズレを測定することが出来、その上、捻れ回転したチップの位置ズレに対しても同一の精度で測定可能とする。

【構成】基板1'の表面上に、バンプ用電極バタン2' とバンプ用電極バタン2' と主尺目盛り位置ズレ検出バタン α をバタン形成すると共に、他方のチップ4'の対向表面上に、バンプ用電極バタン5' と、副尺目盛り位置ズレ検出バタン β をバタン形成し、バンプ用電極上2'、5'に形成したバンプを介してフリップチップ接続した後、チップ4'若しくは基板1'を光学的に透過して、チップ4'と基板1'対向面にそれぞれバタン形成した主尺目盛り位置ズレ検出バタン α と、副尺目盛り位置ズレ検出バタン β の重合状態から、基板1'に対するチップ4'の位置ズレを測定することを特徴とする。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】ICチップ若しくはそれに類する形状のチップが、バンプ用電極バタンを介して基板と相対位置決め接続するフリップチップ接続法に於ける位置決め接続後のチップ位置ズレ測定方法に於いて、前記フリップチップ接続を行うチップ或いはこれに対向する基板の何れか一方の表面上に、バンプ用電極バタンと当該バンプ用電極バタンと任意所定位置関係の中心点より十重二重に複数の同心相似形線を放射方向等ピッチ間隔で配置する主尺目盛り位置ズレ検出バタンをバタン形成すると共に、他方のチップ或いは基板の何れかの表面上に、前記バンプ用電極バタンと同一寸法でかつ同一位置に配置するバンプ用電極バタンと、当該バンプ用電極バタンと前記同様任意所定位置関係の中心点より十重二重に複数の同心相似形線をこれと同一形状の前記対向する同心相似形線に比して所定の値だけ僅かにずらした間隔で等ピッチ間隔で配置する副尺目盛り位置ズレ検出バタンをバタン形成し、前記バンプ用電極上に形成したバンプを介してフリップチップ接続した後、前記チップ若しくは基板を光学的に透過して、前記チップと基板対向面にそれぞれバタン形成した前記主尺目盛り位置ズレ検出バタンと、副尺目盛り位置ズレ検出バタンの重合状態から、前記基板に対するチップの位置ズレを測定することを特徴とするチップ位置ズレ測定方法

【請求項2】主尺目盛り位置ズレ検出バタンと、副尺目盛り位置ズレ検出バタンのそれぞれ同心相似形線は、無端連続又は不連続バタンであることを特徴とする請求項1記載のチップ位置ズレ測定方法

【請求項3】主尺目盛り位置ズレ検出バタンと、副尺目盛り位置ズレ検出バタンの同心相似形線は、同心円バタンとドッバタンと一部が直線バタンと、これ等の複数組合せバタンのいずれかであることを特徴とする請求項1又は2記載のチップ位置ズレ測定方法

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体装置等に用いられるICチップ等のフリップチップ接続に於ける高精度なチップ位置ズレ測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】フリップチップ接続法は、ICチップと基板若しくはICチップ同士の相対位置決め接続に於いて、高密度な電極接続若しくは微小な寸法の電極接続に有効な実装方法である。

【0003】近年、このフリップチップ接続法は、接続時の位置決め精度の向上により、昭和62年電子情報通信学会半導体・材料部門全国大会講演論文集(分冊

2), 338頁, S9-6に代表される様に、受光素子や面発光レーザ等の光デバイスチップとレンズや光導波路等の光部品を構成した基板との位置決め対向接続に用いられるようになってきているが、当該フリップチップ

2

接続法に於いては、フリップチップ接続後の両者の位置ズレが問題となる。

【0004】このためフリップチップ接続時の位置ズレを正確に検査する必要が生じる。この種、従来のフリップチップ接続による位置ズレ測定方法としては、図4に示す様なマーカによる測定が一般的であった。図中、1は透明なガラス材からなる疑似基板、2, 5はバンプ用電極バタン、3はバンプ、4はチップ、6a, 6bはマーカである。

10 【0005】当該従来の位置ズレ測定方法は、疑似基板1と当該疑似基板1上にフリップチップ接続するチップ4の対向面に、それぞれバンプ用電極バタン2, 5を形成すると同時に、当該電極バタン2, 5と任意一定の位置関係を有し、位置ズレがない状態で上方から観察すると、完全に重合する様に前記疑似基板1側にマーカ6aを、亦、前記チップ4側にマーカ6bをそれぞれ形成し、バンプ3を用いてフリップチップ接続した後に、前記マーカ6a, 6bのズレを透明な前記疑似基板1側より、図示しない顕微鏡により拡大し、測長器等で読みとる方法が一般的であった。この方法は、位置ズレの読み取りが、マーカ6a, 6bの幅より大きな精度でよい場合には、有効な位置ズレ測定方法である。

【0006】【発明が解決しようとする課題】しかしながら、当該従来の位置ズレ測定方法に於いては、位置ズレしが微小な場合、特にマーカ6a, 6b自身の読み取り誤差や、測定に用いる測長器の精度等により測定誤差が大きくなる可能性があった。

【0007】即ち、マーカ6a, 6bの幅以下の精度の測長では、そのズレを当該マーカ6a, 6bのエッジ部分や中央を正確に判別して測長せざるを得ず、読み取り誤差が大きくなる問題があった。亦、顕微鏡等を用いて光学的に対象物を透過・拡大し、画像情報として測長を行う測長器を用いた場合には、顕微鏡の収差等により、透過・拡大した像が歪み、正確な測長が困難であった。

【0008】一方、微動台により対象物を移動させ、マーカを読み取る測長器では、微動台のバックラッシュ等により正確な測長が得難くなる可能性があった。亦、フリップチップ接続の際、位置決め接続する対象物同士が捻れて接続された場合には、マーカ自身の配置も捻れて測定誤差が大きくなる問題があった。ここに於いて、本発明は前記従来の課題に鑑み、フリップチップ接続に於けるICチップの微小な位置ズレを、正確に測定出来るチップ位置ズレ測定方法を提供せんとするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記課題の解決は、本発明が次に列挙する新規な特徴的構成手法を採用することにより達成される。即ち、本発明の第1の特徴は、ICチップ若しくはそれに類する形状のチップが、バンプ用

電極バタンを介して基板と相対位置決め接続するフリップチップ接続法に於ける位置決め接続後のチップ位置ズレ測定方法に於いて、前記フリップチップ接続を行うチップ或いはこれに對向する基板の何れか一方の表面上に、バンブ用電極バタンと当該バンブ用電極バタンと任意所定位関係の中心点より十重二重に複数の同心相似形線を放射方向等ピッチ間隔で配置する主尺目盛り位置ズレ検出バタンをバタン形成すると共に、他方のチップ或いは基板の何れかの表面上に、前記バンブ用電極バタンと同一寸法でかつ同一位置に配置するバンブ用電極バタンと、当該バンブ用電極バタンと前記同様任意所定位関係の中心点より十重二重に複数の同心相似形線をこれと同一形状の前記対向する前記同心相似形線に比して所定の値だけ僅かにずらした間隔で等ピッチ間隔で配置する副尺目盛り位置ズレ検出バタンをバタン形成し、前記バンブ用電極上に形成したバンブを介してフリップチップ接続した後、前記チップ若しくは基板を光学的に透過して、前記チップと基板表面にそれぞれバタン形成した前記主尺目盛り位置ズレ検出バタンと、副尺目盛り位置ズレ検出バタンの重合状態から、前記基板に対するチップの位置ズレを測定してなるチップ位置ズレ測定方法である。

【0010】本発明の第2の特徴は、前記第1の特徴に於ける主尺目盛り位置ズレ検出バタンと、副尺目盛り位置ズレ検出バタンのそれぞれ同心相似形線は、無端連続又は不連続バタンであるチップ位置ズレ測定方法である。

【0011】本発明の第3の特徴は、前記第1又は第2の特徴に於ける主尺目盛り位置ズレ検出バタンと、副尺目盛り位置ズレ検出バタンの同心相似形線は、同心円バタンとドットバタンと一部が直線バタンと、これ等の複数組合せバタンのいずれかであるチップ位置ズレ測定方法である。

【0012】

【作用】本発明は、前記の様な手段を講じたので、ノギスに使用される主尺目盛りと副尺目盛りとを同心相似形線バタンとし、半導体製造技術によりバンブ電極から所定の間隔を隔てて形成し、微小位置ズレを前記主尺目盛りバタンと副尺目盛りバタンとの重合情報として読み取るので、バタンのエッジや中央等を正確に読み取る必要がなく、亦、顕微鏡等の収差や機械的なズレが測長に影響することがなくなる。

【0013】よって、チップがどの方向にずれたとしても、精密な測長装置を用いずに、容易に正確なチップの位置ズレ測定が実現出来る。更に、前記主尺目盛りバタンと副尺目盛りバタンが相互に對応相似形線であるため、捻れ回転した対象物の位置ズレも容易に測定可能となる。

【0014】

〔実施例〕

〔第1実施例〕本発明の第1実施例を図面につき詳説する。図1は本実施例のチップ位置ズレ測定方法に用いる位置ズレ検出バタンの平面図であって、(a)は接続基板上に、亦、(b)はチップ上に形成されるものである。図中、1'は例えばセラミック配線板である接続基板、2'、5'はそれぞれ下側と上側のバンブ用電極バタン、4'はチップ、 α は接続基板1'上に形成された位置ズレ検出バタン、 β はチップ4'上に形成された位置ズレ検出バタンである。

10 【0015】図1(a)に示す様、接続基板1'上に、 $20\mu\text{m}$ のバンブ用電極バタン2'を四隅に一個ずつ形成し、当該下側バンブ用電極バタン2'同志を結ぶ斜線の交点を中心点0として、当該中心点0からの円周ピッチ a を例えば $10\mu\text{m}$ と等間隔になる様配置すると共に、例えばバタン幅 b を $5\mu\text{m}$ に統一設定した複数の同心円 α $a \sim \alpha h$ の円周が主尺目盛り位置ズレ検出バタン α をフォトリソグラフィ技術等の半導体形成技術により同時に形成する。

【0016】他方、ダイシングすると多くのチップに裁断することの出来る半導体ウェハのチップ4'の対向面に、前記接続基板1'上に形成する下側バンブ用電極バタン2'と同一配置及び同一寸法の下側バンブ用電極バタン5'を形成すると共に、各チップ4'毎に前記接続基板1'同様、当該上側バンブ用電極バタン5'の対角線の交点を中心点0として、当該中心点0からの円周ピッチ c を例えば $9.9\mu\text{m}$ と等間隔になる様配置すると共に、例えばバタン幅 d を $5\mu\text{m}$ に統一設定した複数の同心円 β $a \sim \beta h$ の円周が副尺目盛り位置ズレ検出バタン β をフォトリソグラフィ技術等の半導体形成技術により同時に形成する。

【0017】その後、ウェハ上の各チップ対応の上側バンブ用電極バタン5'に、例えばAuSnやSnPbのバンブを形成し、前記ウェハを裁断して単独のチップ4'とし、両面位置合わせ装置等によりフェイスダウンで前記接続基板1'と当該チップ4'対向面上に形成したバンブ用電極バタン2'及び5'同志を精密に相対位置合わせし、前記チップ4'を前記接続基板1'上にポンディングしてフリップチップ接続を行う。

【0018】次に、当該フリップチップ接続を終了した40 試料を、前記接続基板1'及びチップ4'対向表面に形成した2つの同心円状の位置ズレ検出バタン α 、 β の重合を、赤外線顕微鏡により前記チップ4'を透過して拡大観察し、主尺目盛り位置ズレ検出バタン α と、副尺目盛り位置ズレ検出バタン β の重合位置を読み取り、その目盛りからゼロ中心、即ち位置ズレがゼロの時に前記主尺目盛りと副尺目盛りとが完全に重合する目盛りである同心円の中心点0までの目盛りの本数からチップ4'の接続基板1'に対する位置ズレを測定する。

【0019】本実施例のチップ位置ズレ測定方法によれば、円周ピッチ a が $10\mu\text{m}$ の同心円 α $a \sim \alpha h$ の主尺

目盛り位置ズレ検出バタン α と、円周ピッチ c が9.9 μm の同心円 β $a \sim \beta h$ の副尺目盛り位置ズレ検出バタン β により、チップ $4'$ がどの方向にずれても0.1 μm と高い精度で位置ズレの検出が可能となり、位置ズレが目盛りバタン幅 b 、 d の5 μm よりも小さなズレであっても、精密な測長装置を用いることなく、顕微鏡でチップ $4'$ を透過して前記位置ズレ検出バタン α 、 β の重合を観察するだけで、容易にチップ位置ズレを測定出来る。亦、主尺・副尺目盛りを円状に形成しているので、接続されたチップ $4'$ と接続基板 $1'$ が相互に捻れた位置関係であっても、支障なく同一の精度で測定可能である。

【0020】尚、本実施例では、主尺目盛り位置ズレ検出バタン α の同心円 α $a \sim \alpha h$ 円周バタンピッチ a を10 μm 、副尺目盛り位置ズレ検出バタン β の同心円 β $a \sim \beta h$ 円周バタンピッチ c を9.9 μm としたが、本発明のチップ位置ズレ測定方法により必要な測定精度 X を得るために、当該必要な測定精度 X より前記主尺目盛り位置ズレ検出バタン α の同心円 α $a \sim \alpha h$ 円周バタンピッチ a をひいたピッチ $(X-a)$ となる様、前記副尺目盛り位置ズレ検出バタン β の同心円 β $a \sim \beta h$ 円周バタンピッチ c を定め、ゼロ中心の目盛りから当該ピッチ a 及び c ($=X-a$) で等間隔に円状の目盛りを配置形成すれば良い。亦、本実施例に於いては接続基板 $1'$ 表面に主尺目盛りを配置し、チップ $4'$ 表面に副尺目盛りを配置したが、チップ $4'$ 側に主尺目盛りを、且つ接続基板 $1'$ 側に副尺目盛りを配置しても同様の効果を得られることは言うまでもない。

【0021】(第2実施例) 本発明の第2実施例を図面につき詳説する。図2(a)、(b)、(c)、(d)は、本実施例に用いる位置ズレ検出バタンのバリエーションを示す平面図である。第1実施例に於いては、主尺・副尺目盛りが同心円状のバタンである場合に付き説明したが、本実施例の如く主尺・副尺目盛りバタンの一方又は両方が、同心円を裁断した不連続バタンであってもかまわない。

【0022】ここで図2の位置ズレ検出バタンのバリエーションを各々に付き説明する。図2(a)は、同心円 α 、 β の円周をそのままある間隔で裁断した位置ズレ検出バタン γ である。図2(b)は、図1に示した同心円 α 、 β の円周の位置に、丸型のドットバタンを配置した位置ズレ検出バタン δ である。

【0023】図2(c)は、図1に示した同心円 α 、 β の円周の位置に、角型ドットバタンを配置した位置ズレ検出バタン ε である。図2(d)は、図1に示した同心円 α 、 β の円周の位置に、三角型ドットバタンを配置した位置ズレ検出バタン ω である。

【0024】図2(a)、(b)、(c)、(d)に示す位置ズレ検出バタン γ 、 δ 、 ε 、 ω によれば、図1の位置ズレ検出バタン α 、 β と比してバタン重合の視認性

が向上し、より正確な位置ズレ検出が可能となる。以上のバタンは代表例であって、図2(b)、(c)、(d)のドットバタンにはどの様な形状のものを用いても良いし、種類の異なるドットバタンを組み合わせても良い。

【0025】更に、図1で示した同心円状バタン、図2(a)の裁断同心円状バタン及び図2(b)、(c)、(d)の各種ドットバタンをそれぞれ複合して用いても良いことは自明である。以上、前記第1及び第2本実施例では、目盛りのゼロ中心(即ち位置ズレがゼロの時に主尺と副尺とが完全に重合する目盛り)が同心円の中心となる例のみ述べたが、本発明のチップ位置ズレ測定方法はどの同心円の円周をゼロ中心としても良い。

【0026】亦、第1実施例に於いて、バタンの線幅 b 、 d を5 μm 、バンブ用電極バタン $2'$ 、5'寸法を50 μm の四個、配線基板 $1'$ 材料をセラミック、バンブ材質をAuSn若しくはSnPbとしたが、本発明はこの値や材質に制限されるものではなく、更に位置ズレ検出バタン α 、 β を四個の下側と上側のバンブ用電極バタン $2'$ 、 $5'$ の対角線の交点に設定したが、当該バンブ用電極バタン $2'$ 、 $5'$ に対して所定の間隔にあればどの位置に配置形成しても良い。亦、前記第1実施例では、位置ズレ検出バタン α 、 β とバンブ用電極バタン $2'$ 、 $5'$ を同時に形成すると説明したが、所望の位置に正確に位置ズレ検出バタン α 、 β を形成出来れば、同時に形成する必要はない。

【0027】(第3実施例) 本発明の第3実施例を図面につき詳説する。図3(a)、(b)はそれぞれ本実施例のチップ位置ズレ測定方法に用いる主尺・副尺目盛り位置ズレ検出バタンであって、(a)は図1に示す第1実施例の同心円バタンと、その中心を通る5 μm の直交十字線を配した位置ズレ検出バタン、(b)は図1に示す第1実施例の同心円バタンと、その外周に等間隔のドットバタンを同心円状に配置した位置ズレ検出バタンである。図中、 θ 、 λ は位置ズレ検出バタンである。

【0028】本実施例の位置ズレ検出バタン θ 、 λ は、基板 $1'$ とチップ $4'$ 対向表面に形成した後、前記第1実施例同様にフリップチップ接続し、赤外線顕微鏡で観察することにより、位置ズレだけでなく、捻れ角度も各々同時に測定出来る。本実施例では、直交十字線 θ a とドットバタン λ a をそれぞれ別々のバタンとしたが、複合したバタンを同心円バタンと共に形成しても良い。

【0029】亦、本実施例の直交十字線 θ a 付き同心円バタンとドットバタン λ a 付き同心円バタンは、一方をチップに、他方を基板に分けて形成しても良い。尚、これ等実施例では、赤外線顕微鏡により試料を透過・拡大して測長する例に付いて述べたが、基板若しくはチップを透過・拡大出来るものであればどの様な顕微鏡でもよく、例えばX線顕微鏡等であってもよいし、さらに基板若しくはチップを透明な材料で形成して、透明な方か

ら通常の顕微鏡等で測長しても良い。

【0030】さらに、これ等実施例では同心円バタンを基板とチップに描いたが同心円に限らず同一形状の同心相似形線バタンを用いても同様である。亦、これ等実施例では基板とチップとのフリップチップ接続した試料について述べたが、同一形状の相似形線バタンを有すれば、チップとチップ同士のフリップチップ接続した試料についても位置ズレ測定にしよう出来ることは言うまでもない。

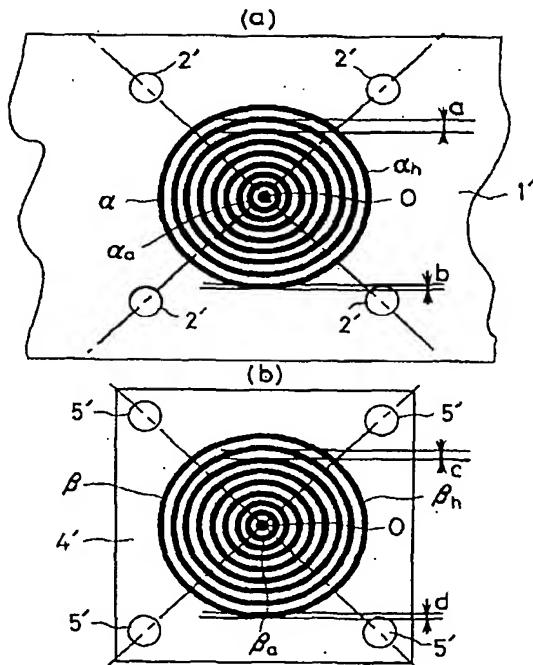
[0031]

【発明の効果】かくして本発明によれば、ノギスに使用される主尺目盛りと副尺目盛りとを同一形状の同心相似形線バタンとし、半導体製造技術によりバンブ用電極バタンから任意所定の間隔を隔てて形成し、位置ズレを主尺と副尺の重合バタンとして読み取ることを可能としたため、マーカの細かい読み取り誤差や測長器の精度に影響されることなく、チップがどの方向にすれても、容易にしかも正確にチップの位置ズレを測定することが出来、更に主尺と副尺目盛りを特に同心円状とすると、捻れ回転した対象物の位置ズレに対しても同一の精度で測定可能な効果を有する等、優れた実用性、有用性を具有する。

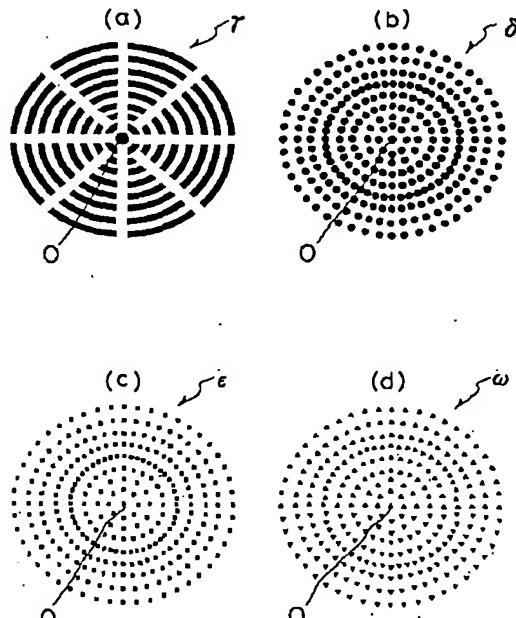
(図面の簡単な説明)

〔図1〕本発明の第1実施例のチップ位置ズレ測定方法*

[図1]



[图2]



* に用いる位置ズレ検出バタンの平面図であって、(a) は接続基板上に、亦、(b) はチップ上に形成されるものである。

〔図2〕(a), (b), (c), (d)はそれぞれ本発明の第2実施例チップ位置ズレ測定法に用いる位置ズレ検出パターンのバリエーションを示す平面図である。

〔図3〕(a), (b)はそれぞれ本発明の第3実施例のチップ位置ズレ測定方法に用いる主尺・副尺目盛り位置ズレ検出パタンである。

10 【図4】従来のフリップチップ接続の位置ズレ測定方法を示す説明側面図である。

【符号の説明】

1 …疑似基板

1' …接続基板

2. 5. 2'. 5

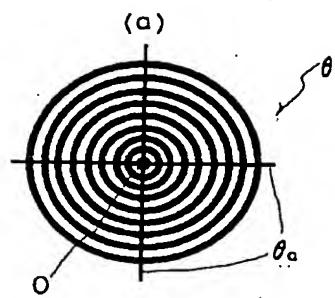
3…パンプ

4, 4' … チップ

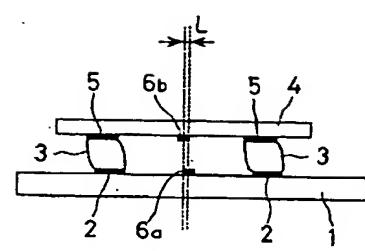
6a, 6b

20 α …接続基板上に形成された位置ズレ検出バタン
 $\alpha a \sim \alpha h$, $\beta a \sim \beta h$ …同心円
 β …チップ上に形成された位置ズレ検出バタン
 $\gamma, \delta, \varepsilon, \omega, \theta, \lambda$ …位置ズレ検出バタン

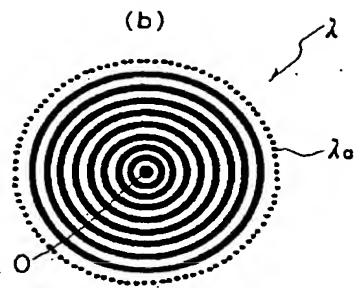
【図3】



【図4】



(b)



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第1区分

【発行日】平成11年(1999)9月17日

【公開番号】特開平5-288510

【公開日】平成5年(1993)11月2日

【年通号数】公開特許公報5-2886

【出願番号】特願平4-85252

【国際特許分類第6版】

G01B 11/00

【F1】

G01B 11/00

A

【手続補正書】

【提出日】平成10年10月21日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】ICチップ若しくはそれに類する形状のチップが、バンプ用電極バタンを介して基板と相対位置を決めて接続するフリップチップ接続法に於ける位置決め接続後のチップ位置ズレ測定方法に於いて、前記フリップチップ接続を行うチップ或いはこれに對向する基板の何れか一方の表面上に、バンプ用電極バタンと当該バンプ用電極バタンと任意所定位置関係の中心点より十重二重に複数の同心相似形線を放射方向等ピッチ間隔で配置する主尺目盛り位置ズレ検出バタンをバタン形成すると共に、他方のチップ或いは基板の何れかの表面上に、前記バンプ用電極バタンと同一寸法でかつ同一位置に配置するバンプ用電極バタンと、当該バンプ用電極バタンと前記同様任意所定位置関係の中心点より十重二重に複数の同心相似形線をこれと同一形状の前記対向する前記同心相似形線に比して所定の値だけ僅かにずらした間隔で等ピッチ間隔で配置する副尺目盛り位置ズレ検出バタンをバタン形成し、前記バンプ用電極上に形成したバンプを介してフリップチップ接続した後、前記チップ若しくは基板を光学的に透過して、前記チップと基板対向面にそれぞれバタン形成した前記主尺目盛り位置ズレ検出バタ

ンと、副尺目盛り位置ズレ検出バタンの重合状態から、前記基板に対するチップの位置ズレを測定することを特徴とするチップ位置ズレ測定方法

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項3

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項3】主尺目盛り位置ズレ検出バタンと、副尺目盛り位置ズレ検出バタンの同心相似形線は、同心円バタンとドットバタンと一部が直線バタンと、これ等の複数組合せバタンのいずれかであることを特徴とする請求項1又は2記載のチップ位置ズレ測定方法

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】即ち、マーカ6a, 6bの幅以下の精度の測長では、そのズレを当該マーカ6a, 6bのエッジ部分や中央を正確に判別して測長せざるを得ず、読み取り誤差が大きくなる問題があった。亦、顕微鏡等を用いて光学的に対象物を透過・拡大し、画像情報として測長を行う測長器を用いた場合には、顕微鏡の収差等により、透過・拡大した像が歪み、正確な測長が困難であった。